

Міністерство освіти і науки України
Дніпродзержинський державний технічний університет

Виробництво зварних конструкцій

Методичні вказівки до виконання курсового проекту студентами напряму
підготовки 6.050504 – Зварювання

Затверджено редакційно-видавничою
секцією науково-методичної ради ДДТУ
«10» 01 2014 р., протокол № 1

Дніпродзержинськ 2014

Вступ

Метою проекту є зварна конструкція – технологічна, надійна та економічна.

Студенту пропонується розробити технологію виготовлення відносно нескладної конструкції, серійне виробництво якої можна організувати з використанням високопродуктивного устаткування.

Виконання проекту потребує знань, умінь та навичок, що були набуті під час вивчення таких професійно-орієнтованих дисциплін, як "Зварювання плавленням", "Зварювання тиском", "Основи паяння", "Технологічна оснастка", "Контроль якості зварювання" та ін.

Студент повинен засвоїти роботу інженера зі зварювання при виготовленні конкретних конструкцій по складанню та зварюванню виробів, конструюванню пристроїв, складально-зварювального оснащення, вибору найбільш раціональної технологічної послідовності виготовлення, по механізації та автоматизації операцій.

Особливістю роботи над проектом є необхідність проведення аналізу різних варіантів технологічного процесу та вибору оптимальної з точки зору висунутих задач проектування.

На підставі конструкції виробу, його призначення та умов експлуатації слід вибрати один з можливих оціночних факторів: трудомісткість, точність або якість виготовлення. Розроблений варіант технологічного процесу повинен максимально задовольняти висунутим вимогам.

Виконання та оформлення курсового проекту повинно відповідати вимогам ЄКСД, ЄСТД та чинному в Університеті стандарту- СТУ1-00. Дипломні, курсові проекти і роботи. Загальні вимоги та правила оформлення.

1 Мета та задачі проектування

1.1 Мета проекту систематизувати знання з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» шляхом самостійного розв'язання технологічних задач при виготовленні реального зварного виробу (складальної одиниці).

1.2 Задачами проекту є опис конструкції; аналіз її технологічності; розробка на вузли; розробка технології заготовлення, складання та зварювання;

обґрунтування вибору способу зварювання; вибір методів та устаткування контролю якості зварних з'єднань, а також вибір основного та допоміжного устаткування для розроблювальних операцій заготовлення, складання та зварювання.

Слід також:

- ❖ обґрунтовано вибирати основний матеріал як за хімічним складом, так і за сортаментом;
- ❖ призначити необхідні зварювальні матеріали: електроди, дріт, флюс, захисні гази, припої та ін.;
- ❖ вибрати, а для одного – основного шва – розрахувати параметри режиму зварювання, у тому числі для прихваток;
- ❖ спроектувати простий пристрій чи елементи оснащення (стенда, складального кондуктора та ін.);
- ❖ придбати навички в оформленні карт технологічної документації.

2 Завдання на курсове проектування

Завдання видається на початку VIII семестру. Варіанти завдань на проектування є індивідуальними, до їх складу входять:

- 1) ескіз виробу з основними габаритними, встановлювальними та приєднувальними розмірами;
- 2) програма випуску.

Слід зазначити, що конструкція виробу в подальшому змінюватися не може. Додаткове встановлення діафрагм, ребер жорсткості, виконання допоміжних отворів, прорізів та ін., тобто всього того, ЩО необхідно з точки зору якісного виготовлення конструкції і лише для процесу виготовлення обґрунтовується та вводиться проектантом.

Завдання на проектування можуть охоплювати всі основні типи зварних чи паяних конструкцій: балочні, гранчасті, будівельні конструкції, резервуари, посудини високого тиску, станини, зварні деталі машин тощо. Як правило, вироби повинні складатися з деталей, що вимагають при виготовленні різання, гнуття, штампування, вальцювання, пресування, механічної обробки чорного, листового та профільного металу.

3 Склад курсового проекту

Курсовий проект складається з пояснювальної записки, оформленого технологічного процесу виготовлення виробу та графічної частини

3.1 Пояснювальна записка

Обсяг пояснювальної записки складає 30...40 аркушів формату А4 (297x210 мм).

Рекомендується наступна побудова записки:

Реферат

Зміст

Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБУ

1.1 Призначення, опис та умови роботи конструкції

1.2 Обґрунтування матеріалу конструкції

1.3 Технологічність конструкції виробу

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Розчленування конструкції на вузли та деталі

2.2 Заготівельні операції

2.3 Оцінка зварюваності металу та вибір способів зварювання

2.4 Обґрунтування та характеристики зварювальних матеріалів

2.5 Розрахунок (вибір) параметрів режиму зварювання

2.6 Вибір зварювального устаткування

2.7 Проектування та вибір технологічного оснащення

2.8 Опис технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

2.9 Заходи по зменшенню зварювальних напружень та деформацій

2.10 вибір методів контролю та усунення дефектів

3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИРІБ, ОСНОВНИЙ ТА ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Додатки

3.2 Графічна частина

Обсяг графічної документації до проекту складає 4 аркуші формату А1 (594x841 мм).

Перелік графічного матеріалу остаточно встановлюється керівником проекту, виходячи зі змісту виконаної роботи, конструктивних та технологічних особливостей виробу. При цьому можна рекомендувати:

1 аркуш: зображення зварювальної одиниці (складальне креслення). Аркуш не повинен повторювати ескіз виробу. Кількість проєкцій, видів, розмірів та перерізів повинна бути достатньою для повного уявлення про конструкцію виробу в цілому та його окремих частин зокрема.

Зварні шви починаються згідно ГОСТ 2.312-72. Виносними елементами слід показати поперечні перерізи всіх різнотипних швів та зазначити основні розміри: ширину шва, глибину проплавлення, опуклість шва, катет, діаметр точки та ін. У проєкті не передбачено силового розрахунку швів, тому їх розміри задаються технологічно, за рівномірністю з основним матеріалом.

На складальну одиницю оформлюється специфікація у відповідності з ЄСКД. На складальному кресленні приводяться додаткові технічні вимоги, які повинні охоплювати найголовніші та найважливіші вимоги до виробу порушення яких неприпустиме з точки зору працездатності конструкції. Тут задаються посилання на виконання монтажних і нестандартних швів, вводяться вказівки щодо випробування виробу та ін.

Особливої уваги вимагає проставлення розмірів: вони повинні вибиратися з нормалізованого ряду. Розміри можуть бути габаритними (допуск на них не проставляється); довідковими, що забезпечуються точністю сортаменту або вибраним інструментом; встановлюваними приєднувальними, що визначають точність зварної конструкції. В останньому випадку допуск повинен бути оптимальним: надмірна точність здорожує виробництво, недостатня – призводить до браку, витратам праці на підгонку, знижує якість самої конструкції.

Кількість розмірів повинна бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролю. Перевагу слід віддавати лінійним розмірам.

Допуски форми та розташування поверхонь приводяться умовним позначенням на кресленні або текстом в технічних умовах. До кожного аркушу креслень оформлюється специфікація згідно стандарту.

2 аркуш: схема технологічного процесу. Цей аркуш є ілюстративним матеріалом до розроблення студентом технології виготовлення зварного чи паяного виробу. Його призначення - наочно продемонструвати маршрутну технологію: процес виготовлення від одержання чорнового металу до випробування готового виробу. Один з можливих варіантів виконання листа представлено в додатку А.

На листі можуть бути зображені також ескізи заготовок, які бажано супроводжувати картами розкрою із зазначенням коефіцієнта використання чорнового матеріалу.

3 та 4 аркуші: складально-зварювальна установка та пристрій (креслення загального виду).

Однією із задач проекту є досягнення високого ступеню механізації складально-зварювальних робіт, який визначається заданою програмою випуску виробів. Розв'язання задачі може вимагати вибору, розробки, застосування цілого ряду спеціалізованих установок (пристроїв), прогресивних технологічних процесів. В проекті потрібна детальна розробка лише одієї установки (креслиться її загальний вид). Така установка розробляється, як правило, для найбільш відновідальних зварювальних або складально-зварювальних операцій. Основні елементи установки вибираються із стандартних, що серійно випускаються промисловістю. Установка повинна забезпечувати зварювання швів заданої довжини та визначеної просторової орієнтації, утримувати необхідну вагу, забезпечувати потрібну якість з'єднання, необхідну швидкість зварювання та ін.

Найчастіше установка креслиться у двох проекціях: головний вид та вид збоку (переріз через зварювальну головку). При необхідності подаються інші види або місцеві перерізи. Джерело живлення до складу установки не входить. Рухомі елементи установок зображаються в одному з краших робочих положень, друге крайнє положення може бути показано умовним видом. штриховими лініями. На кресленні проставляється хід рухомого елемента. Габаритні розміри виробу на

загальному виді установки показуються на обох проекціях у вигляді накладеної прекції: червоним кольором, штрихпунктирною лінією з двома крапками.

На кресленні розробляється варіант креслення складально-зварбвальної установки до пілоги (бетонна основа, установка на анкерних болтах, спеціальний фундамент та ін.), а при необхідності і до стіни.

На кресленні наводяться технічні умови на складально-зварювальну установку, а також технічна характеристика на її елементи, що випускаються серійно.

Керівником проекту може призначатись й інше розподілення графічного матеріалу. Наприклад, введені креслення оригінальних деталей, складальні креслення вузлів установки, креслення загального виду установок (пристроїв) для контролю якості з'єднань або випробування виробів, електричні (пневматичні або гідравлічні) схеми установок. При розрахунках стенда, кондуктора, пневмо- або гідроциліндра наводяться їх складальні креслення.

До кожного листа графічної частини в додаток пояснювальної записки подається специфікація.

3.3 Технологічний процес

Перед студентом не ставиться завдання підготувати повний комплект документації на технологічний процес, що проектується. Обсяг документації визначається керівником проектування.

У додатку до пояснювальної записки можна привести карти:

- ескізів;
- маршрутні;
- технологічного процесу або операційні карти для опису складально-зварювальних операцій деталі, вузла або виробу, включаючи контрольні операції (див. додаток Б);
- на розкроювання та вирізання заготовок.

4 Пропозиції щодо виконання курсового проекту

4.1 Вступ

Необхідно коротко охарактеризувати основні напрямки вдосконалення виробництва класу виробів, до якого відається дана зварна конструкція;

викласти можливі шляхи підвищення продуктивності праці при її виготовленні; перспективи розвитку галузі промисловості, що випускає виріб, та зварювальних процесів в ній. Закінчити слід обґрунтуванням теми та задач курсового проекту.

4.2 Характеристика виробу

Призначення, опис та умови роботи конструкції

При описі конструкції слід висвітлити призначення виробу, виробництво якого проектується; галузь використання та особливі вимоги, що висуваються до конструкції та зварних швів; конструктивне оформлення, основні розміри виробу та його опис поелементно (маса, розміри, ступінь складності); умови експлуатації, тобто зазначити характер навантаження та температурний режим роботи, які зовнішні фактори впливають на роботу виробу, ступінь відповідальності тощо [1].

Обґрунтування матеріалу конструкції

Повинне виконуватися в залежності від вимог, що визначаються умовами роботи зварної конструкції, її елементів, навіть окремих частин деталей. Може бути обумовлене одним з показників міцності (межа міцності, відносне подовження, твердість, ударна в'язкість, межа витривалості) або експлуатаційними характеристиками (корозійна, зносо- або жаростійкість та повзучість при високих температурах, працездатність при низьких температурах) [2-4].

Якщо таким вимогам відповідає декілька матеріалів, то слід обґрунтувати, чому надано перевагу конкретній марці (висока міцність, що дозволяє зменшити металоміскість конструкції; добра зварюваність; не потребує додаткових операцій по підготовці виробництва; легко обробляється механічно: добре штампується тощо).

Насамкінець, слід зробивши посилання на технічні умови, охарактеризувати фізичні та механічні властивості, зварюваність матеріалу та навести в таблиці всі характеристики (хімічний склад, механічні властивості).

Технологічність конструкції виробу

Аналіз технологічності потрібен для створення зварної конструкції з високими техніко-економічними характеристиками. Технологічність

забезпечується з урахуванням висунутих до виробу конструктивних, технологічних та експлуатаційних вимог [5,6].

До основних *конструктивних* вимог відносяться:

- вибір раціональної схеми та головних параметрів конструкції;
- правильний вибір основних та допоміжних матеріалів, конструктивних форм зварних з'єднань та вузлів;
- можливість розбивати виріб на вузли та підвузли, які можна виготовляти у спеціальних пристроях, а потім виконувати загальне складання та зварювання;
- взаємне розташування вузлів та форми їх сполучення повинні забезпечувати найкращі умови складання та зварювання, мінімальний обсяг обробки до та після зварювання;
- вибір найпростіших форм деталей з мінімальною довжиною зварних швів, що розташовуються в зручному для виконання положенні;
- передбачення заходів по обмеженню та попередженню залишкових деформацій та напружень.

Основними *технологічними* вимогами є:

- вибір технологічних процесів, доцільних в умовах даого виробництва;
- оптимальна послідовність складання та зварювання;
- вибір теплового режиму зварювання та відповідність допусків на заготовки та зібраний вузол;
- призначення мінімально дозволених допусків на механічну обробку, режимів термообробки та ін.;
- вибір раціональних режимів зварювання та методів контролю;
- призначення оптимальних типів та моделей зварювального устаткування.

Методично питаннями технологічності конструкції належить займатись на протязі всього часу роботи над проектом, бо деякі міркування виникають в процесі розробки технологічного процесу, проектування складального устаткування та ін.

Після проведення детального аналізу технологічності на всіх етапах проектування всі пропозиції повинні бути систематизовані в записці. Деякі з цих

пропозицій, по домовленості з керівником проекту, можуть бути внесені до конструкції виробу.

Приклад. При проектуванні стрілки крану, що має коробчатий переріз, необхідно виходити з наступних передумов: зведення до мінімуму кількості швів; виключення стикових з'єднань; максимальна механізація зварювальних робіт. Слід розглядати сім варіантів утворення коробчастого перерізу з точки зору експлуатаційних характеристик та технологічності виготовлення (див. рисунок 1).

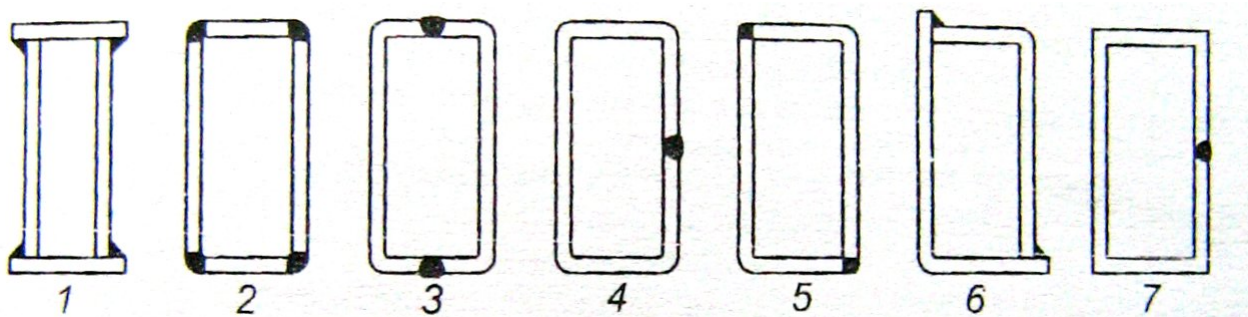


Рисунок 1- варіанти зварювання балки коробчастого перерізу

Найбільш раціональними з точки зору технологічності виготовлення при достатньо динамічній міцності слід визнати варіант 6, що має у порівнянні:

з 1 та 2 – меншу кількість необхідних різів та на 50% менше зварних швів;

з 3 та 4 – спрощене складання, непотрібність утримання зварювальної ванни;

з 1, 2 та 5 – можливість механізованого зварювання усіх швів за один прохід у зручному просторовому положенні («у човник») без кантування балки;

з 7 – наявність стандартної ширини листів та відсутність потреби в утриманні зварювальної ванни.

Розгляд технологічності конструкції бажано завершувати кількісним оцінюванням. Його метою є забезпечення ефективного відпрування виробу на технологічність при зниженні витрат на розробку конструкції, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт [7, 8].

Оцінювання проводиться у певній послідовності і передбачає встановлення оптимальних залежностей між рівнем технологічності зварних з'єднань та зазначеннями домінуючих факторів, що впливають на якість [8]:

1) визначається рівень технологічності зварних з'єднань;

- 2) встановлюються види циклограми процесів зварювання, підігріву та термообробки, визначаються норми дозволеної дефектності з'єднань;
- 3) визначається ступінь складності (за вартістю) необхідного устаткування;
- 4) визначається кваліфікаційний рівень виконавців;
- 5) визначається об'єм контролю зварних з'єднань.

Рівень технологічності визначається розрахунком інтегрального коефіцієнта технологічності за групами ознак зварних з'єднань – конструктивними, експлуатаційними, технологічними, та виробничими (див. таблицю 1).

Таблиця 1 – Перелік ознак коефіцієнтів технологічності зварних з'єднань

Коефіцієнт технологічності	Ознака зварного з'єднання
Конструктивний	1 характер з'єднання 2 форма кромки, що зварюються 3 довжина елементів, що поєднуються 4 товщина елементів 5 стан кромки 6 просторове положення кромки 7 жорсткість зварного вузла 8 стан виробу в процесі зварювання та доступність до кромки
Експлуатаційний	9 температура експлуатації 10 рівень навантаження 11 характер навантаження 12 характер робочого середовища 13 термін експлуатації
Технологічний	14 фізико-хімічні властивості металів і сплавів 15 наявність термообробки
Виробничий	16 місце виконання робіт 17 температура довкілля 18 характер та стан довкілля 19 зручність в роботі 20 шкідливість умов праці

Інтегральний коефіцієнт технологічності оцінюється за формулою

$$K_i = k_1 + k_2 + \dots + k_{20}$$

де $k_1, k_2 \dots k_n$ - коефіцієнти технологічності за першою – двадцятою ознакою зварних з'єднань.

Значення цих коефіцієнтів наведено в таблиці 2.

Після визначення інтегрального коефіцієнта технологічності виконуються пункти 2-5 оцінювання за номограмою багатокритеріальної оптимізації технологічних процесів зварювання (див. рисунок 2, [8]).

Таблиця 2

Ознака	Найменування	Критерії оцінювання особливостей			k_i
зварного з'єднання	з'єднання за ознакою				
1	2	3			4
Характер з'єднання		Коефіцієнт концентрації деформацій з'єднання	Відношення значень межі витривалості для з'єднання та основного металу, %	Збільшення трудомісткості для підвищення витривалості з'єднання, %	k_1
	Стикове	0,60...0,65	50	0	1,0
	Таврове	0,65...0,70	30	15	0,9
	З напусткою	0,85...0,90	25	35	0,7
	Торцеве	0,80	25	50	0,5
	Кутове (штуцерне)	0,80	15	100	0,1
Форма кромки, що зварюються		Трудомісткість робіт, пов'язаних з подовженням периметра кромки та зміною її кута розкриття, віднесена до відповідного показника за стандартизованим варіантом, %			k_2
	Пряме	0			1,0
	Напівбосе	15			0,9
	Косе	35			0,7
	Криволінійне	50			0,5
	Складноконтурне	100			0,1
Довжина елементів, що		Кількість ділянок шва з залишковими	Трудомісткість робіт по запобіганню деформаціям,	k_3	

з'єднуються	напруженнями, що не перевищують межі текучості та не викликають зміни форми елементів, шт..	віднесена до показника за стандартизованим варіантом, %	
Коротке (< 350 мм)	1	0	1,0
Подовжене	2-6	15	0,9
Напівдовге	6-20	35	0,7
Довге	20-50	50	0,5
Дуже довге	50-100	100	0,1
Товщина елементів	Трудомісткість робіт по забезпеченню мікрогеометрії, механічної та структурної однорідності з'єднання, мінімальних деформації та дефектності, віднесена до показника за стандартизованим варіантом, %		к ₄
Тонкостінне	0		1,0
Відносно тонкостінне	15		0,9
Потовщене	35		0,7
Товстостінне	50		0,5
Понад-товстостінне	100		0,1
Стан кромки, що зварюються	Трудомісткість робіт по доводці кромки та зачищенню межуючи поверхонь, віднесена до показника за стандартизованим варіантом, %		к ₅
Складається легко	0 (правильні геометричні форми та точні розміри)		1,0
Досить легко	15 (відносно правильні геометричні форми та точні розміри)		0,9
Напівважко	35 (напівдеформовані кромки та частковий відступ розмірів від норм допуску)		0,7
Важко	50 (деформовані кромки та значні відступи розмірів від норм допуску)		0,5
Вельми важко	100 (дуже деформовані кромки та значні відхилення від норм допуску)		0,1
Просторове положення кромки	Сили, що діють на метал зварювальної ванни, віднесена до показника за стандартизованим варіантом,	Збільшення трудомісткості через зміну умов формування наплавленого металу,	к ₆

		%		%	
	Нижнє	100		0	1,0
	похиле	95		15	0,9
	Вертикальне	90		35	0,7
	Напіввертикальне та горизонтальне на вертикальній площині	85		50	0,5
	Стельове	80		100	0,1
Жорсткість зварного вузла		Поперечна усадка металу шва, віднесена до зазору стику, %	Вміст залишкового аустеніту, %	Збільшення трудомісткості на заготівельні та складальні операції, %	к ₇
	Вільноконтурне	40-45	50	0	1,0
	Відносно- вільноконтурне	35-40	45	15	0,9
	Напівжорсткоконтурне	25-30	35	35	0,7
	Жорстко контурне	15-20	25	50	0,5
	Вельмижорсткоконтурне	3-5	15	100	0,1
Стан виробу при зварюванні та приступність до кромки		Збільшення трудомісткості робіт по забезпеченню приступності до кромки, %			к ₈
	Поворотно-приступне	0			1,0
	Неповоротне, частково приступне	15 (приступність тимчасова, за рахунок розклинювання елементів, що з'єднуються)			0,9
	Неповоротне, важко приступне	35			0,7
	Неповоротне, частково приступне	50 (приступність за рахунок вирізки або розбивання поблизових конструкцій)			0,5
	Неповоротне, неприступне	100 (традиційними засобами праці недоступне)			0,1
Температура експлуатації		Жаростійкість в експлуатації, що оцінюється стоншенням стілки, %	міцність металу з урахуванням втрати його пластичності,	Збільшення трудомісткості через підвищення жаростійкості, %	к ₉

			%		
	Низькотемперат.	100	100	0	1,0
	Відносно низькотемпературне	95	85	15	0,9
	Середньо- температурне	85	63	35	0,7
	Високотемперат.	60	40	50	0,5
	Вельми високотемперат.	30	30	100	0,1
Рівень навантаженості		Межа витривалості з'єднання, віднесена до межі міцності основного металу, %		Збільшення трудомісткості через підвищення межі витривалості, %	к ₁₀
	Малонавантажене	40		0	1,0
	Відносно	36		15	0,9
	Середньо	28		35	0,7
	Важко	20		50	0,5
	Вельми важко навантажене	12		100	0,1
Характер навантаження				Збільшення трудомісткості робіт, пов'язаних з обробкою опуклості та оплавленням підрізів шва, %	к ₁₁
	Статичне	0			1,0
	Слабко динамічне	15			0,9
	Середньо динамічне	35			0,7
	Сильно динамічне	50			0,5
	Вельми сильно динамічне	100			0,1
Характер робочого середовища		Втрата міцності через корозію та радіацію, %	Ступінь небезпеки для персоналу (через коєф. запасу міцності), %	Збільшення трудомісткості через додаткове легування для підвищення корозійної стійкості, %	к ₁₂

	Інертне	2-3	1,3	0	1,0
	Слабко корозійне	5-7	1,5	15	0,9
	Горюче	9-11	2,5	35	0,7
	Вибухонебезпечне	14-18	3,5	50	0,5
	Токсичне та радіоактивне	28-36	4	100	0,1
Термін експлуатації		Імовірність руйнування через втомленість, %		Збільшення трудомісткості для покращення службових властивостей з'єднання, %	K ₁₃
	Короткий ($\leq 10^4$ год)	3-5	0		1,0
	Недовгочасний (10^4 - $2 \cdot 10^5$ год)	5-8	15		0,9
	Довгочасний ($3 \cdot 10^5$ - $(1,5 \dots 4,0) \cdot 10^6$ год)	9-12	35		0,7
	Тривалий ($5 \cdot 10^6$ год)	15-18	50		0,5
	Вельми тривалий (10^7 год)	20-24	100		0,1
Фізико-хімічні властивості металів та сплавів		Еквівалент вуглецю, %	Швидкість охолодження пришовної зони при $600 \dots 500^\circ\text{C}$	Збільшення трудомісткості пов'язане зі зварюваністю, %	K ₁₄
	Зварюється добре	$\leq 0,25$	2-7	0	1,0
	Задовільно	0,25-0,35	7-13	15	0,9
	Погано	0,35-0,45	13-35	35	0,7
	Вельми погано	0,45-0,60	35-70	50	0,5
	Незадовільно	$> 0,60$	> 70	100	0,1
Наявність термообробки				Збільшення трудомісткості через проведення термообробки, %	K ₁₅
	Термічно не обробляється	0			1,0
	Частково обробляється	15			0,9
	Обробляється	35			0,7

	Складно обробляється	50			0,5
	Вельми складно	100			0,1
Місце виконання робіт	Витрати на навчання суміжним спеціальностям, %		Трудомісткість робіт, пов'язаних з переходами, організацією робочого місця та витратами на доукомплектування устаткування дистанційними регуляторами режиму, %		К16
	Заводське (цехове)	0	0		1,0
	Напівпольове та внутрішньо ємкісне (исота до 50 м)	5	15		0,9
	Польове (трасове)	10	35		0,7
	Висотне (до 100 м)	25	50		0,5
	Вельми висотне (>100 м), під водою та інші складні умови	50	100		0,1
	Температура довкілля	Дорожчання екіпіровки зварника та засобів забезпечення мікроклімату		Збільшення трудомісткості та витрат на теплову обробку металу, %	Збільшення трудомісткості робіт по забезпеченню комфортної температури
17...23 ⁰ С		0	0	0	1,0
0...17 ⁰ С		15	15	15	0,9
23...35 ⁰ С 0...-20 ⁰ С		50	30	35	0,7
35...50 ⁰ С -20...-50 ⁰ С		75	50	50	0,5
>50 ⁰ С та <-50 ⁰ С		100	100	100	0,1
Характер та стан довкілля			Збільшення трудомісткості робіт по забезпеченню мікроклімату на робочому місці, %		К18
	Ідеальна погода		0 (сухе середовище, вітру немає)		1,0
	Відносно ідеальна		15 (відносно сухе середовище, слабкий вітер, до 4 балів)		0,9
	Середньо ідеальна		35 (вологе середовище та малий вітер, 4...8 балів)		0,7

	Несприятлива	50 (мокре середовище та сильний вітер, 8...10 балів)			0,5	
	Вельми несприятлива	100 (вельми мокре середовище та сильний вітер, >12 балів)			0,1	
Зручність у роботі		Ступінь напруженості праці (через працездатність зварника), %			Трудомісткість робіт, пов'язаних із підтриманням тривалої працездатності, %	K ₁₉
	Виконується зручно (сидячи)	зниження працездатності під кінець зміни			0	1,0
	Мало зручно (лежачи)	зниження протягом перших 3 годин другої половини зміни			15	0,9
	Середня зручність (навстоячки)	зниження протягом перших 2 годин другої половини зміни			35	0,7
	Незручно (на колінах)	зниження працездатності під кінець першої половини зміни			50	0,5
	Вельми незручно (сидячи навпочіпки)	зниження працездатності протягом перших 2 годин зміни			100	0,1
		Рівень твердої фази в аерозолі, мг/м ³	Рівень звуку, дБ	Концентрація шкідливих речовин (за класом небезпеки)	Трудомісткість робіт по забезпеченню безпечних умов праці, %	K ₂₀
	Сприятливі	9	50	1	0	1,0
	Досить сприятливі	18-27	60	1	15	0,9
	Напівшкідливі	36-45	65	2	35	0,7
	Шкідливі	54-63	80	3	50	0,5
	Особливо шкідливі	72-80	85	4	100	0,1

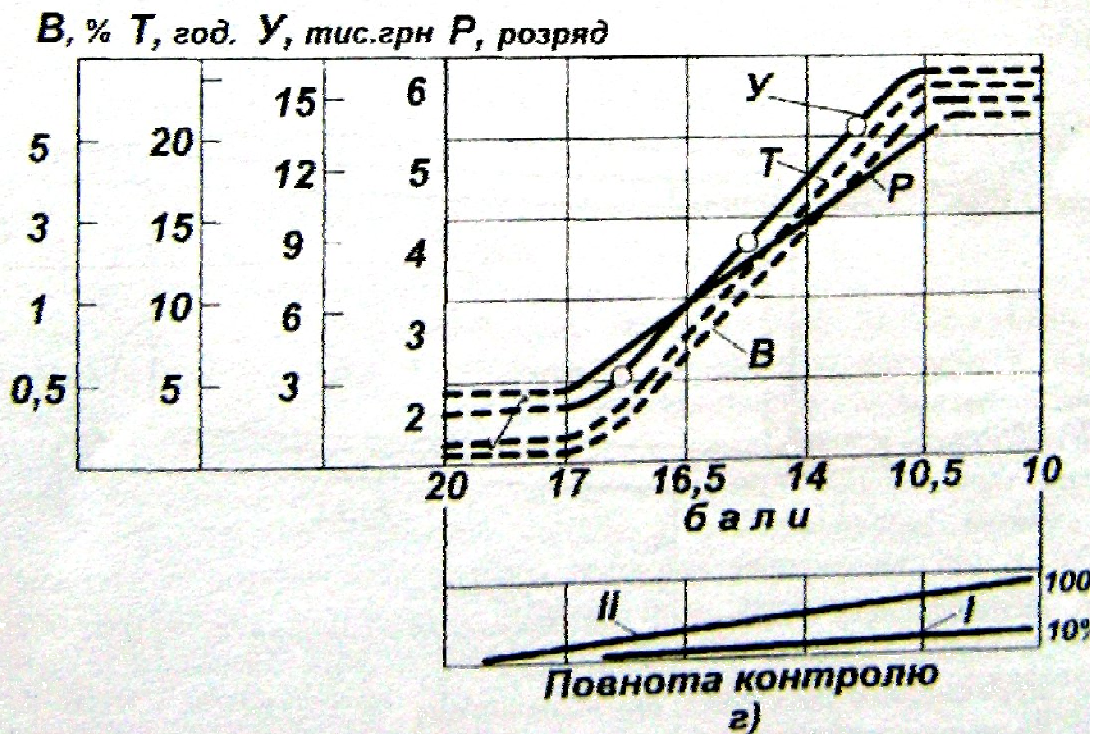
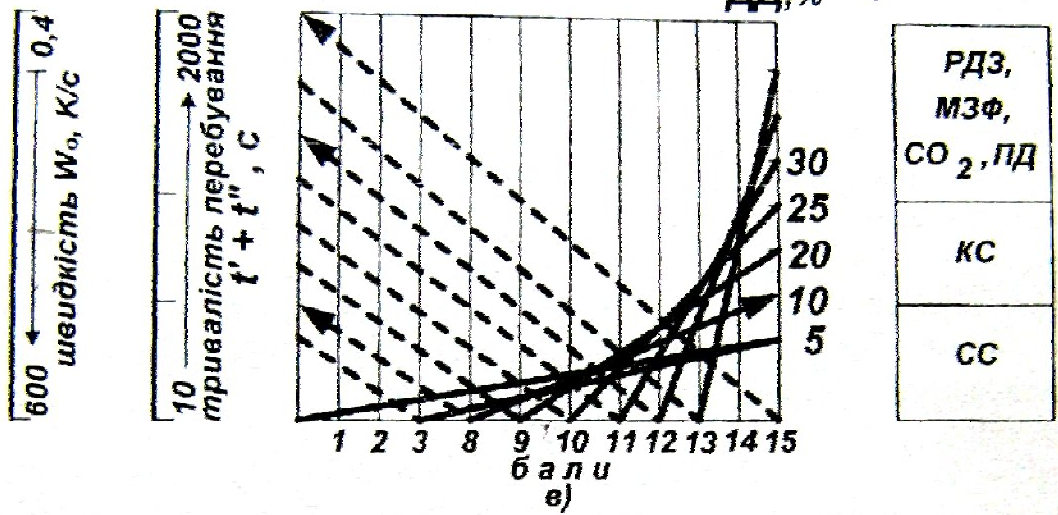
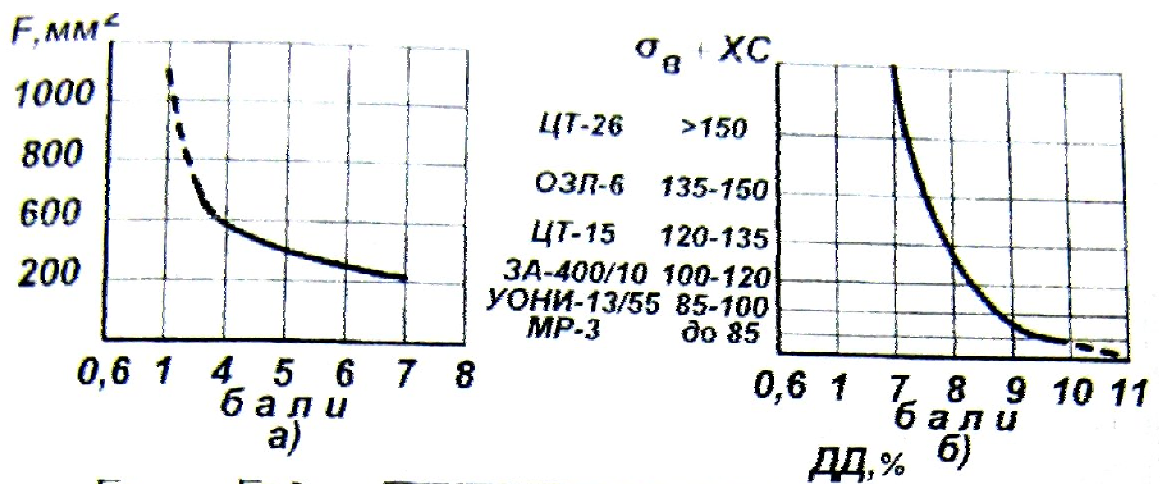


Рисунок 2 – Номограма багатокритеріальної оптимізації технологічних процесів зварювання конструкцій та трубопроводів

На рисунку 2 прийняті наступні позначення:

a – залежність показників виконавчого органу поста зварювання від рівня технологічності зварних з'єднань за конструктивними ознаками; b – залежність комплексу показників службових властивостей зварювальних матеріалів від технологічності зварних з'єднань за експлуатаційними та конструктивними ознаками; c – залежність характеру підігріву, зварювання і термообробки зварних з'єднань та норм дозволених дефектів у швах від рівня технологічності з'єднань за конструктивно-експлуатаційними та технологічними ознаками; e – залежність показників технологічного процесу зварювання від технологічності зварних з'єднань за конструктивно-технологічними та виробничо-технологічними ознаками (t' , t'' - тривалість високотемпературного нагріву та наступного охолодження металу шва, відповідно); W_0 – миттєва швидкість охолодження при заданій температурі, $РДЗ$ – ручне дугове зварювання; $МЗФ$ – дугове зварювання під флюсом; $ПД$ – зварювання порошковим дротом; $СО_2$ – механізоване зварювання в $СО_2$; $КС$ – комбіновані способи зварювання; $СС$ – спеціальні способи зварювання; $ДД$ – норми дозвільної дефектності; $y_8+ХС$ – комплексний показник службових властивостей зварювальних матеріалів; P – кваліфікаційний розряд виконавця; $У$ – вартість устаткування та оснащення для складання, підігріву, зварювання, термообробки та контролю зварних з'єднань; B – витрати на перевезення, підготовлення та збереження зварювальних матеріалів; F – масогабаритні показники виконавчого органу зварювання, виражені площею перерізу вільного простору над стиком; I та II – обсяги контролю зварних з'єднань, що виконується за неусталеними та оптимальними технологічними процесами зварювання, відповідно.

Приклад. Балка перекриття мостового крану ливарного цеху зі сталі 09Г2С (див. ескіз, рисунок 3)

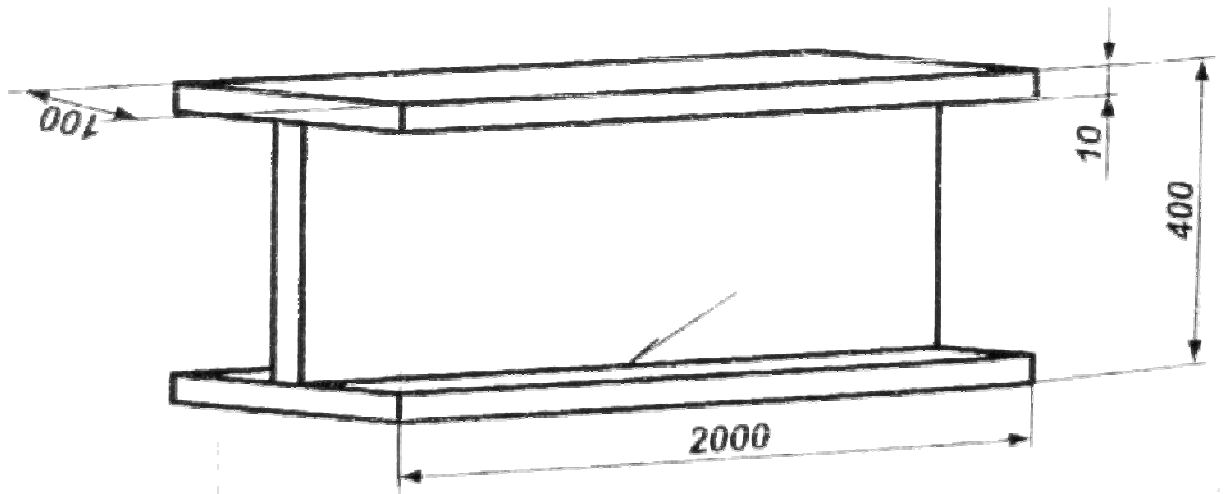


Рисунок 3

1. За таблицею 2 визначаємо для таврового з'єднання $K_1=0,9$;
За формою кромки, що зварюються - $K_2=1,0$;
За довжиною елементів - $K_3=0,7$;
За товщиною елементів, відносно товстостінне - $K_4=0,9$;
За станом кромки - складається відносно легко - $K_5=0,9$;
За просторовим розташуванням кромки - нижнє - $K_6=1,0$;
За ступенем жорсткості зварних вузлів - вільно контурне - $K_7=1,0$;
За ступенем доступності до кромки - поворотно доступне -
 $K_8=1,0$;
За температурою робочого середовища - середньо температурне -
 $K_9=0,7$;
За рівнем навантаженості - важко навантажене - $K_{10}=0,5$;
За характером навантаження - середньо динамічне - $K_{11}=0,7$;
За характером робочого середовища - слабо корозійне - $K_{12}=0,9$;
За терміном експлуатації - тривало експлуатується - $K_{13}=0,5$;
За зварюваністю металу - зварюється добре - $K_{14}=1,0$;
За характером термообробки - не обробляється - $K_{15}=1,0$;
За місцем виготовлення - заводське - $K_{16}=1,0$;
За температурою довкілля - помірно сприятливе - $K_{17}=0,7$;
За вологістю та вітровими потоками - ідеально погодне - $K_{18}=1,0$;

За ступенем зручності зварника – виконується зручно - $K_{19}=1,0$;

За умовами праці зварника – відносно сприятливе - $K_{20}=1,0$.

$$K_i=0,9+1,0+0,7+0,9+0,9+1,0+1,0+1,0+0,7+0,5+0,7+0,9+0,5+1,0+1,0+1,0+0,7+1,0+1,0+1,0=17,9$$

2. За отриманим значенням інтегрального коефіцієнта технологічності визначаємо за номограмою:

- масогабаритний показчик поста зварювання $F < 600 \text{ мм}^2$;
- комплексний показник службових властивостей зварного з'єднання $y_6 + XС < 85$;
- тривалість підігріву та термообробки - $t' = t'' - 0 \text{ с}$;
- швидкість охолодження припустима $W_0 = 600 \text{ К/с}$;
- норма допустимих дефектів ДД= 40%;
- кваліфікаційний розряд виконавця $P=3$;
- вартість устаткування та оснастки $У= 5,5 \text{ тис. грн.}$;
- загальна тривалість процесів складання, зварювання, підігріву та термообробки $T= 3 \text{ години}$;
- витрати на перевезення, підготовлення та збереження зварювальних матеріалів $B= 0,1\%$;
- обсяг контролю зварних з'єднань 10%.

Отже, виходячи з вищенаведеного, балку можна кваліфікувати як достатньо технологічну. При її виробництві не виникає потреби у таких ускладнюючих операціях, як підігрів або термообробка, можлива широка механізація робіт, виконання зварних з'єднань зручне. не потребує високої, кваліфікації виконавця. Враховуючи умови наступної експлуатації балки особливими вимогами до готового виробу є регламентація вигину та грибоподібності, а також відсутність дефектів зварювання, що можуть спричинити руйнування конструкції (підрізи, пори, шлакові включення). Для запобігання останньому слід зробити застереження щодо послідовності виконання швів і додержання вимог оптимальної технології зварювання; передбачити виправлення готової балки.

Доцільно обмежитись універсальним оснащенням, яке переналаджується. Габарити конструкції та її маса дозволяють відмовитись від використання верхнього транспорту. Походження заготовок – стандартний листовий металопрокат. Це спрощує та здешевлює виробництво, яке можна розмістити локально, в межах декількох робочих місць.

4.3 Технологічний процес виготовлення зварної конструкції

Розчленування конструкції на вузли та підвузли

Для визначення послідовності складання та зварювання виробу повинна бути складеною схема розчленування конструкції на технологічні вузли та окремі деталі, яка дозволяє:

- розробити такий порядок складання-зварювання вузлів виробу, при якому забезпечується потрібна точність розмірів виробу, якість з'єднань, найменші власні напруження при відносно невеликій вартості робіт;
- ❖ застосовувати найбільш прогресивні, механізовані способи складання та зварювання з мінімальною трудомісткістю;
- ❖ без ускладнень передавати вузол (не деформуючи його) з одного робочого місця на інше;
- ❖ виконувати зварювання з мінімальною кількістю поворотів;
- ❖ легко та зручно складати конструкцію;
- ❖ організувати, якщо доцільно, неперервне потокове виробництво [9 - 17].

Заготвельні операції

Слід віддавати перевагу найдосконалішим, високопродуктивним методам виконання операцій, які забезпечують прискорення технологічного процесу при додержанні відповідної якості. Тобто, до вибору необхідно підходити, виходячи переважно з великосерійного виробництва.

При підготовці деталей застосовують розкрій металу, очищення, правку, механічне та термічне різання, гнуття та штампування, механічну обробку і т. п. [18, 19].

Перед подаванням на заготівельну дільницю металопрокат підлягає очищенню та нанесенню антикорозійного покриття. До пуску металу у виробництво повинні бути усунені також всі види деформацій (або доведені до припустимо малих розмірів). Правка листової, штабової та універсальної сталі виконується на листопрямильних вальцях, кутникорамильних та інших спеціальних машинах. При цьому лист, що виправляється, повинен мати кривизну не більше 1 мм на 1 м довжини. Правку дрібних деталей доцільно виконувати на вальцях, використовуючи підкладний лист, або на пресах.

Різання металу є однією з найвідповідальніших та трудомістких операцій. Попередньо рекомендується накреслити ескізи простих деталей, побудувати розгортки деталей складної форми. Такі ескізи - первинний матеріал для вибору чорного металу по сортаменту; в подальшому вони використовуються при складанні карт розкрою.

Розкрій чорного металу слід вести з мінімально можливими відходами. Тип розкрою – індивідуальний, як при масовому виробництві. Для однієї з деталей слід виконати розрахунок коефіцієнта використання металу.

Зауваження. Застосування для розкрою листової сталі вимагає обрізування кромки по периметру, лише універсальна широкоштабова сталь може зварюватись без обрізування по габаритним розмірам.

Для виконання операцій механічного різання використовуються прес-дискові та гільйотинні ножиці, дискові пили, фрези тощо. При цьому необхідно враховувати точність різки, продуктивність та зміну фізико-хімічних властивостей зони різки. Обрізка кромки повинна бути перпендикулярною основі, не мати вм'ятин та задирок. Відхилення від наміченої риски дозволяється не більше ± 1 мм.

Зауваження. Гільйотинні ножиці забезпечують різ до певної, довжини та товщини заготовки, неминучі відходи на затиск при різанні. При газовому (плазмовому) різанні ширина різки залежить від товщини. Застосування шаблонів копіїв, різання за упором на гільйотинних ножицях, за фотокопієм збільшує продуктивність.

Гнуття виконують при деформаціях, що виключають утворення тріщин. Тому в залежності від властивостей, товщини, розмірів та форми заготовок для кожного способу гнуття та виду устаткування установлюють гранично припустимі мінімальні радіуси, при яких гарантується якість гнуття.

За принципом дії устаткування для гнуття поділяють на ротаційні машини та преси. До ротаційних машин відносяться листозгинальні трьох- та чотирьохвалкові вальці, листозгинальні машини з поворотною згинальною балкою, профілезгинальні, валкові стани, зигмашини, сортозгинальні роликові машини, трубозгинальні машини, трубо- та профілезгинальні верстати з індукційним нагрівом. Найменший радіус гнуття в холодному стані рекомендується брати не менше 25-кратні товщини листа. Преси, що використовують для вигинання, поділяються на спеціалізовані та універсальні.

Прогресивним технологічним процесом є холодне листове штампування. Воно забезпечує високу точність та продуктивність, низькі собівартість виготовлення деталей, скорочення маси зварних конструкцій, обсяг складально зварювальних робіт і витрату металу. Основними видами холодного штампування є вирубування, пробивання, гнуття, витяжка та формування. Холодне штампування застосовується для виготовлення деталей з листового металу товщиною до 10 мм. Пробивання отворів виконують в металі товщиною до 25 мм.

Для холодного листового штампування деталей переважно використовуються універсальні кривошипні та гідравлічні преси, а також діропробивні преси.

Для механічної обробки циліндричних поверхонь використовують токарно-карусельні верстати, які забезпечують високу точність та чистоту деталей, що обробляються.

Для свердлування отворів використовують вертикально- та радіально-свердлувальні верстати. Отвори звичайно свердлюють в деталях великої товщини, коли неможливо застосувати діропробивні преси, а також коли необхідно отримати високу точність відстані між отворами та високу чистоту та точність за діаметром.

Оцінка зварюваності металу та вибір способу зварювання

Вибір способу зварювання слід виконувати з урахуванням зварюваності матеріалу виробу, типу виробництва, конструкції виробу, а також технічних можливостей різних способів зварювання [20].

На підставі вивчення впливу зовнішніх напружень, дії робочого та зовнішнього середовища на працездатність зварних з'єднань слід з'ясувати та сформулювати вимоги до виробу та зварних швів.

Для оцінки зварюваності рекомендується скористатись розрахунково-статистичними показниками схильності матеріалів до гарячих тріщин (HCS , UCS , $V_{кр}$, Cr/Ni_e , L) та параметричними рівняннями для визначення схильності до холодних тріщин ($C_{екв}$, P_v) [21 - 24]. Як результат, потрібно зазначити ступень зварюваності матеріалу конструкції.

Слід підкреслити, що зварюваність може бути неоднаковою для різних видів зварювання. Дуже цінною властивістю металу є добра зварюваність для декількох видів зварювання. До таких матеріалів належать низьковуглецева та низьколегована сталі, технічно чистий алюміній.

При виборі способу необхідно також звернути увагу на необхідність введення додаткових операцій та переходів. Наприклад, нанесення на поверхню виробу захисних емульсій або видалення флюсу, який не використано, та шлакової кірки, видалення емульсій після зварювання, наступна термічна обробка або попередній та супутній підігрів, створення вакууму, установлення вивідних планок, механічна обробка торців виробів після зварювання тощо.

Згідно вибраному способу зварювання обґрунтовується і метод підготовки поверхонь під зварювання [25 - 27].

Обґрунтування та характеристика зварювальних матеріалів

При обґрунтуванні зварювальних матеріалів (електродів, дроту, флюсів, захисних газів і ін.) необхідно виходити з обраного способу зварювання та умов забезпечення безпористого, щільного шва, його високої технологічної міцності, експлуатаційної надійності, а також з економічних, санітарно-гігієнічних та інших виробничих критеріїв [28-33]. Слід дати опис можливих для використання зварювальних матеріалів та чітке обґрунтування вибраному.

на вибрані зварювальні матеріали наводяться стандарти, технічні умови або нормалі та зазначаються їх основні характеристики. Обґрунтування вибору повинне бути коротким, але достатньо повним та технічно грамотним.

Розрахунок (вибір) параметрів режиму зварювання

В проекті вимагається виконати розрахунок параметрів режиму лише 1-2 основних швів за уже відомою з попередніх курсів методикою. Для інших швів проводиться вибір параметрів режиму зварювання, включаючи прихватку, згідно додаткової літератури [23, 24, 26, 34].

Головним критерієм вибору або розрахунку режиму зварювання є отримання швів з оптимальними розмірами та формою, що забезпечують технологічну міцність та експлуатаційну надійність.

У випадку відсутності розрахункової методики виконується вибір режиму за літературними повідомленнями.

Вибір зварювального устаткування

Виконується відповідно до прийнятих способів та режимів зварювання, розмірів виробу та довжини швів. Основними критеріями вибору устаткування є:

- технічні можливості;
- експлуатаційна надійність та простота обслуговування;
- ККД, види та кількість енергії, що споживається;
- сума видатків на придбання та монтаж, окупність.

Застосування у проекті знятих з виробництва зразків устаткування не припускається. Для остаточного вибору устаткування бажано порівняти декілька однотипних моделей [35 - 37]. На все вибране зварювальне устаткування наводяться повні характеристики, які доцільно звести до таблиці.

Проектування та вибір технологічного оснащення

Передбачається проектування 1 - 2 пристроїв для складання окремих вузлів або конструкції в цілому, а також розрахунок механічного зварювального устаткування (визначення параметрів силових елементів, що забезпечують фіксацію складених деталей в процесі зварювання, механізму приводу роликового стенду або кантувача) [38 - 41].

Проектування пристрою рекомендується виконувати у наступному порядку:

1. За складальним кресленням виробу визначити базову деталь, встановити базові поверхні деталі для їх фіксації та закріплення у просторі.
2. Визначити зусилля, що діють на пристрій при його експлуатації.
3. Розробити принципову схему пристрою.
4. Розробити конструктивну схему або ескізне компонування пристрою та з допомогою розрахунку або конструктивно визначити розміри його основних елементів.
5. Розрахувати необхідні елементи пристрою.
6. Остаточо оформити конструкцію пристрою і, якщо необхідно, скласти робочі креслення.

При проектуванні пристроїв необхідно опробувати різні варіанти і на основі аналізу вибрати найбільш прийнятний, який повністю буде задовольняти вимогам, що висуваються до його конструкції:

- Забезпечення потрібної точності складання;
- Достатня міцність та жорсткість, незмінність розмірів під час експлуатації
- Вільний та зручний доступ до місць установаження деталей та вузлів, що складаються, до важелів та рукояток
- Найзручніша установка деталей та швидкий вивід зварюваного виробу з позиції складання та зварювання
- Найраціональніша послідовність складання та зварювання виробу при мінімальній кількості кантувань
- Сприяння зменшенню залишкових зварювальних деформацій
- Мінімальна кількість кріпильних елементів, надійне кріплення ними деталей та вузлів, що складаються
- Швидкодійні затискні елементи
- Недопущення забризкування установочних баз та різьбових з'єднань
- Зменшення трудомісткості робіт, підвищення продуктивності праці, скорочення тривалості виробничого циклу
- Забезпечення умов безпечної роботи, відповідність санітарно гігієнічним нормам.

Розрахунок механічного обладнання (кантувачів, обертачів, маніпуляторів тощо) завершується вибором за довідниками конкретних типів у відповідності зі стандартами, технічними умовами та нормами.

Опис технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

На основі попереднього матеріалу виконується детальний опис технологічного процесу виготовлення виробу у розповідній формі. Поетапно описується виготовлення виробу від складу металу до складу готової продукції, тобто описуються всі операції у взаємодії з устаткуванням, яке використовується. Зазначаються також транспортні операції, необхідні для виконання технологічного процесу.

Приклад. Складання обичайки. Значних витрат часу потребує вирівнювання кромки при стикуванні, тому обичайку, зняту за допомогою крана з листозгинальних вапців, установлюють на спеціалізований стенд. Для вирівнювання кромки у поздовжньому напрямку використовуються спеціальні упори з одного боку обичайки та пневмопритискачі з іншого. Незбіг кромки по висоті усувається також спеціальними притискачами, які притягують кромки, що стикаються, до опорної площини.

Для усунення недоходного зазору між кромками застосовуються встановлені на пневмоциліндрах фіксуючі ножі, що дозволяють прибирати фіксатори після виконання прихваток.

Для усунення недовальцювання та додержання зазору по фіксаторах використовуються два бокових пневмопритискача. Вирівняні кромки прихватуються за допомогою напівавтомата ПДГ-312, з використанням випрямляча ВДГ-306 та дроту 1,2Св-08Г2С, на струмі 200А та напрузі 28В

Один з етапів складання-зварювання, за погодженням із керівником, описується на маршрутних картах, приклад заповнення яких - див. додаток Б.

Заходи по зменшенню зварювальних напружень та деформацій

Розв'язання задачі по зменшенню зварювальних напружень та деформацій повинне передбачатись самим ходом виконання проекту, починаючи з обгрутування основного металу. Додаткові операції по усуненню залишкових деформацій та напружень уводять до технологічного процесу, якщо точність

виготовлення та працездатність виробу не задовольняють технічним вимогам. У таких випадках слід дати обґрунтування та описати лише ті конструктивні та технологічні заходи, які використані при проектуванні та виробництві даної конструкції [42, 43]. Перерахувати всі відомі способи зниження залишкових напружень та зварювальних деформацій непотрібно.

Особливе місце необхідно приділити вибору типів зварних з'єднань, способу зварювання, послідовності складально-зварювальних операцій, конструкції притискачів, допусків на заготовку тощо. У цьому розділі слід передбачити заходи щодо зняття залишкових напружень та деформацій із зазначенням режиму та необхідного устаткування.

Вибір методів контролю та усунення дефектів

Контрольні етапи розділяються на три етапи: а) попередній контроль вихідних матеріалів, устаткування, оснастки; б) післяопераційний контроль з метою визначення якості та правильності заготовки, складання та зварювання; в) приймально-здавальні випробування – контроль готового виробу.

Зазначена стадійність повинна бути збережена й при викладенні даного пункту [44, 45].

Вибір методу контролю повинен бути ретельно обґрунтованим. Слід конкретно зазначити, в яких місцях технологічного процесу та в якому обсязі виконуються контрольні операції, їх види, устаткування та режим.

Приклад. Для стикового з'єднання арматурної сітки з дротиків, виготовлених із відпаленої сталі 30ХГСА, необхідно провести аналіз дефектності виробу, зазначити основні контролюючі об'єкти, вибрати метод контролю та відзначити особливості проведення дефектоскопії.

1. За літературними даними необхідно визначити параметри дефектів, які характерні для виробу.

В дротиках зустрічаються наступні дефекти: відшарування, закови, осева дірчастість, оксидні плівки, ліквіаційні накопичення, які не виходять на поверхню; поверхневі тріщини довжиною до 2 мм та глибиною 0,1 мм.

Тріщини можуть бути розташовані як вздовж радіальної площини дротика, так і вздовж його поверхні. Найбільш ймовірна їх орієнтація в діапазоні 35⁰ ...85⁰ до

радіуса дротика. *Осева дірчастість – типовий дефект, орієнтований вздовж осі дротика.*

Отже, при контролі слід виявляти дефекти як у межах об'єму дротика, так і ті, що виходять на його поверхню.

В зварному шві найбільш небезпечними дефектами є тріщини, не провари, незплавлення. Крім того, не слід забувати й про об'ємні дефекти, які часто зустрічаються: пори, шлакові включення.

2. Вибір методу контролю

Раніше перелічені поверхневі дефекти дротиків доцільно виявляти вихрострумовим, а внутрішні – ультразвуковим методами. Зазначені методи досить технологічні, продуктивні та, стосовно даного виробу, добре піддаються автоматизації.

3. Технологія контролю.

З тим, щоб локалізувати дефект на поверхні дротика, виберемо накладний вихрострумовий перетворювач. Оскільки внутрішні дефекти можуть бути орієнтовані в широкому діапазоні кутів, доцільним є ультразвукові багатоелементні перетворювачі: кожен елемент виявляє дефекти заданої орієнтації.

При вихрострумовому контролі слід провадити обер заготовки та її поступальне переміщення вздовж датчика.

При ультразвуковому контролі повинні бути виявлені наступні дефекти: 1) в осевій частині - орієнтація вздовж його осі; 2) а об'ємі металу - орієнтовані під кутом 35° ... 85° до осі дротика; 3) поблизу поверхні дротика, на глибині до 1,5...2,0 мм - орієнтовані вздовж радіусу дротика.

Відповідно до акустичної системи повинні входити перетворювачі трьох типів: I - прямий перетворювач, який створює в металі поздовжню хвилю; II і III - нахилені перетворювачі, які створюють в металі поперечні хвилі (див. рисунок 3).

Контроль всіма перетворювачами найбільш ефективно проводити в імерсійному режимі. Сканування здійснюється обертанням дротиків та їх поступальним переміщенням вздовж акустичної системи.

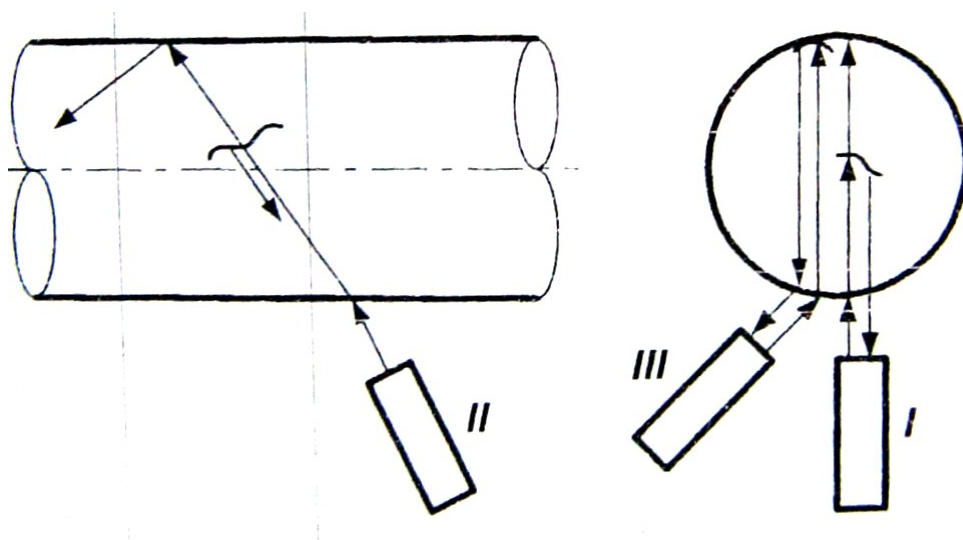


Рисунок 3

4.3 Технічні умови на виріб, основний та зварювальні матеріали

Рекомендується скласти загальні технологічні умови, які охоплюють вимоги до основних та зварювальних матеріалів, виготовлення та приймання готової продукції [1, 9, 13, 30, 45, 46].

Технічні умови (ТУ) на виріб слід складати, керуючись вимогами до виробу керівних матеріалів Держнаглядохоронпраці. Реєстра України, проектної організацій, заводу-виробника тощо.

В ТУ на складання зазначаються допуски, з якими можуть бути зібрані кромки та у який спосіб виконується складання.

ТУ на матеріали складаються у відповідності з вимогами креслень та стандартів. Якість та характеристики основного металу повинні підтверджуватися сертифікатами. При відсутності останніх матеріал не допускається до виробництва до повного випробування, що проводиться на основі стандарту на поставку матеріалу. Крім того, повинні бути зазначені вимоги по чистоті поверхні, допуски по кривизні тощо.

В ТУ на електроди для ручного дугового зварювання зазначається, в якому стані повинно бути покриття і яка його вологість припускається; який за хімічним складом та механічними властивостями наплавлений метал, стійкість проти гарячих та холодних тріщин, технологічні властивості, продуктивність зварювання вони повинні забезпечувати та у якій мірі відповідати вимогам санітарно-гігієнічних норм. Все перелічене обґрунтовується відповідними стандартами.

При виборі зварювального дроту необхідно дотримуватись вимог щодо хімічного складу та властивостей наплавленого металу; стану покриття та виду постачання, вмісту шкідливих домішок, наявності сертифікату.

До флюсів висуваються вимоги відносно наявності сертифікату, гарантування сталості процесу зварювання, відсутності пор та тріщин в металі шва та хорошого формування останнього, одержання необхідних механічних властивостей та хімічного складу металу шва, хорошої відокремлюваності шлаку, а також задовільних санітарно-гігієнічних властивостей.

У вимогах до захисних газів зазначається відповідність стандартам або ТУ, обмежується присутність у їх складі вологи, регламентується надійність захисту розплавленого металу, продуктивність зварювання та формування шва.

Вимоги до якості зварних з'єднань повинні містити вказівки, які незначні дефекти і в якій кількості дозволяються при виконанні зварювальних робіт, тобто визначається:

- які відхилення допускаються по ширині та висоті зварного шва;
- допускаються чи ні кратери, підрізи, напливи;
- яка допускається лускуватість зварного шва;
- скільки пор, шлакових включень, якого розміру та на якій відстані допускаються у зварному шві;
- допускаються чи ні непровари тощо.

Закінчується розділ вимогами до кваліфікації зварників, які допускаються до виконання запланованих у технологічному процесі робіт. Кваліфікація визначається, виходячи з умов роботи, ступеня складності та відповідальності виробу, що виготовляється.

Додаткові умови зазначаються на складальному кресленні виробу. Тут приводяться вказівки на більш жорсткі допуски на розміри, деформацію, . припустимість зміни форми, особливості випробування.

4.4 Економічна оцінка

Завданням розділу є економічне обґрунтування технічних рішень та розрахунок витрат на їх реалізацію. Економічна оцінка передбачається в обсязі, що відповідає знанням та навичкам, отриманим студентом при вивченні попередніх

дисциплін («Економіка зварювального виробництва», «Зварювання плавленням», «Зварювання тиском» та ін.). розрахунок витрат, зокрема, у більшості випадків повинен зводитись до визначення технологічної собівартості [47].

4.5 Охорона праці та техніка безпеки

На початку необхідно подати перелік та аналіз небезпечним або шкідливим виробничим факторам, що виникають в процесі виготовлення, випробування та експлуатації виробу. Потім слід обґрунтувати заходи по охороні праці, виробничій та екологічній санітарії, техніці безпеки, пожежній профілактиці з посиланнями на чинні санітарні норми, правила, стандарти. Потрібно зазначити конкретні засоби усунення найбільш небезпечних виробничих факторів з наведенням необхідних розрахунків, графів або рисунків [48-50].

5 Захист проекту

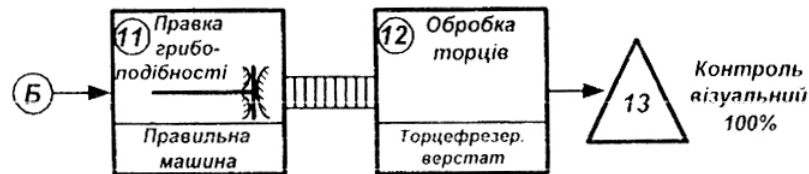
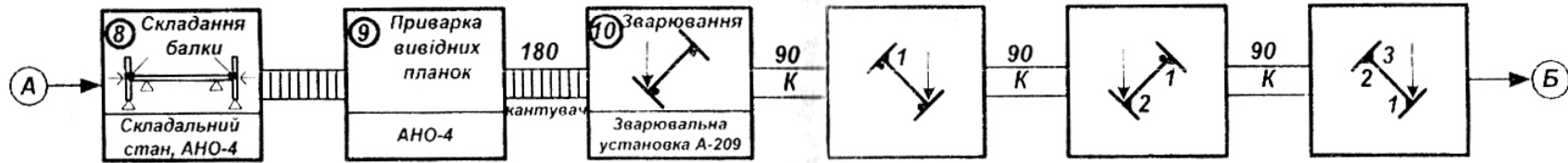
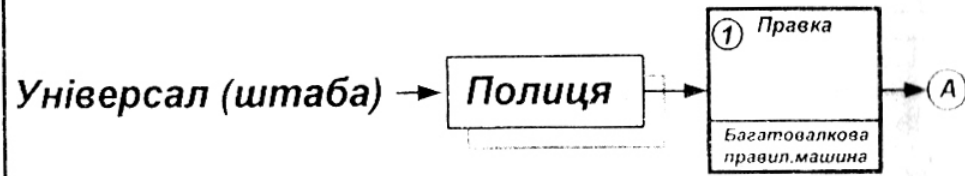
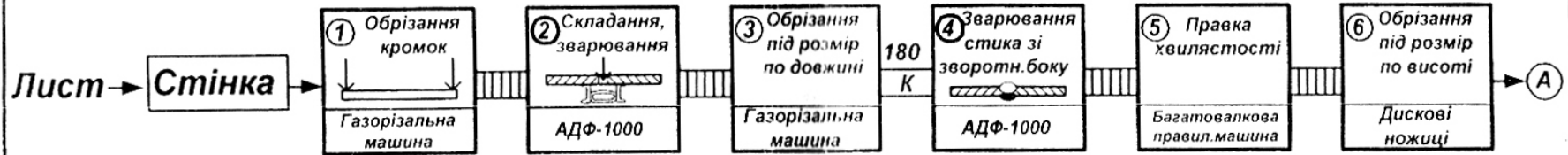
Захист проекту має на меті допомогти студентам навчитися коротко та чітко викладати свої думки, вести ділові дискусії, уміло тримати себе перед аудиторією.

Захист проекту проходить перед комісією у складі 3-4 викладачів. На захист представляється повністю закінчена робота, підписана автором та керівником проекту.

У своєму повідомленні студент повинен освітлити наступні питання: характеристика виробу; вимоги до зварних з'єднань та відповідність цим вимогам обраного способу зварювання та механічного устаткування; можливі варіанти виготовлення виробу; технологія виконання зварювання.

При оцінюванні проекту враховуються: повнота, якість та самостійність виконання отриманого завдання; використання аналітичних методів розрахунку та комп'ютера; оформлення графічної частини (відповідність стандартам та техніка виконання) та пояснювальної записки (наявність пояснювальних схем та ескізів, правильність розрахунків, грамотність та стиль викладення; планомірність роботи над проектом; робота з літературою); чіткість повідомлення та відповіді студента на запитання.

Технологія виготовлення двотаврової балки



				ЗВ.ВЗК.ПК 02.18.02 С				
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Схема	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.	Свечук					Н		
Корв.	Перемілко					Лист	Листів	
Н контр.						7.092301 ТУЗ-97-18		

Дубл.														
Взам.														
Підп.														

3 3

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документації										
						СМ	Проф.	Р	УП	КВ	КОІД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КВ	КОІД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл.одиниці або матеріалу					Позначення, код					ППН	ОВ	ОН	КЛ	Н витр	
РП 2	ПЗ	Іе	Пл	U, В	I, мм	Vзв, м/год	qо									

01 *XX XX XX 020 XXXX. Контрольна*

02 *1. Перевірити якість зварних з'єднань на відповідність вимогам ОСТ 24.34.050 - 84*

03 *2. Перевірити геометричні параметри зварних швів*

04 *Контроль: виконавцем – 100%, майстром – 100%, ВТК – 100%*

05 *ОВ: Геометричні розміри вузла та технічні вимоги креслення забезпечуються пристроєм 9694*

06 *Перевірка пристрою 9694 на технологічність згідно графіку контролю*

07 *XXXXXXXX.XXXX – Пристрій 9694, шаблон 9670*

08

09 *XX XX XX 025 XXXX. Транспортування* *іоп XXX – XX*

10 *XXXXXXXX.XXXX–Кран ел. мостовий, інв.№2112 1 сл.-скл 3 2 1 1 1 - 1 2,05*

11 *Схема стропування №5, захват згідно альбому схем стропування*

12

13

14

15

16

МК

6. Перелік посилань

1. Проектирование сварных конструкций в машиностроении / Под. ред. С.А.Куркина.- М.: Машиностроение, 1975.- 376 с.
2. Конструкционные материалы: Справочник/ Б.Н. Арзамасов, В.А. Бострем, Н.А. Буше и др.; Под общ.ред. Б.Н.Арзамасова.- М.: Машиностроение, 1990.- 688 с.
3. Ривлин Ю.И., Коротков М.А., Чернобыльский В.Н.- Металлы и их заменители.- М.: Metallургия, 1973.- 440 с.
4. Марочник сталей и сплавов/ В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вяткин и др.; Под ред. В.Г.Сорокина.- М.: Машиностроение, 1989.- 639 с.
5. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Изготовление сварных конструкций» (для студентов специальности 7.092301)/ Сост. А.Д.Кошевой.- Краматорск: ДГМА, 1998.- 64 с.
6. Технологичность конструкций изделий: Справочник/ Алферова Т.К., Амиров Ю.Д., Волков П.Н. и др.; Под ред. Ю.Д. Амирова.- М.: Машиностроение, 1985,-368 с.
7. Грачева К.Л. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учеб. пособие.- М.: Машиностроение, 1984.- 368 с.
8. Лошаков А.М. Многокритериальная оптимизация технологических процессов сварки металлоконструкций и трубопроводов// Сварочное производство.- 1997.- №3.- С.31-38.
9. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1981.- 224 с.
- 10 Проектирование технологии пайки металлических изделий: Справочник/ С.В. Лашко, Н.Ф. Лашко, И.Г.Нагапетян и др.- М.: Metallургия, 1983.- 280 с.
11. Сортамент черных металлов. Сортовой и фасонный прокат. Сборник стандартов.- М.: Изд-во стандартов, 1991 .-412 с.
- 12 Трубы металлические и соединительные части к ним. Сборник стандартов.- М.: Изд-во стандартов, 1991.

13. Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб. для вузов,- М.: Высш. шк., 1991.- 398 с.
14. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас.- М.: Машиностроение, 1989.- 328 с.
15. Рыжков Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении: Оптимизация и технология.- М.: Машиностроение, 1980,- 375 с.
16. Антикайл П.А., Зыков А.К. Изготовление объектов котлонадзора. Справочное издание.- М.: Metallurgy, 1980.- 328 с.
17. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.- К.: Держнаглядохоронпраці України, 1998.- 373 с.
18. Гитлевич А.Д., Этингоф Л.А. механизация и автоматизация производства сварных конструкций.- М.: машиностроение, 1979.- 280 с.
19. Альбом оборудования заготовительных работ в производстве сварных конструкций/ А.Д. Гитлевич, И.Н. Сухов, Д.В. Быховский, И.Д. Кутана.- М.: Высш. Шк., 1977.- 136 с.
20. Терещенко В.И., Либанов А.В. Выбор и применение способов сварки при изготовлении конструкций.- К.: Наук. думка, 1987.- 192 с.
21. Сварка и свариваемые материалы. В 3-х т.- Т. 1. Свариваемость материалов. Справ. изд./ Под ред. Э.А. Макарова.- М.: Metallurgy, 1991.- 528 с.
22. Сварка в машиностроении. Справ очник в 4-х томах.- М.: Машиностроение, 1983.- 560 с.
23. сварка и резка в промышленном строительстве. В 2-х т./ Под общ. ред. Б.Д. Малишева.- М.: Стройиздат, 1989.
24. Лебедев Б.Д., Перемитько В.В. Расчетные методы в сварке плавлением.- Днепродзержинск: ДГТУ, 1988.-285 с.
25. Справ очник сварщика/ Под ред. В.В. Степанова.- М.: Машиностроение, 1983.- 560 с.
26. Хряпин В.Е. Справочник паяльщика.- М.: Машиностроение, 1981.- 348 с.

27. Сварка, пайка и термическая резка металлов. Сборник стандартов.- М.: Узд-во стандвртов, 1990.- 567 с.
28. Каховский Н.И., Фартушный В.Г., Яценко К.А. Электродуговая сварка сталей: справочник.- К.: Наук. Думка, 1990.- 480 с.
29. Справочник по сварке цветных металлов/С.Г. Гуревич; Отв.ред.Замков В.Н.- К.: Наук. Думка, 1990.- 512 с.
30. сварочные материалы для дуговой сварки: Спр.пособие в 2-х т./ Под.общ.ред. Н.Н. Потапова.- М.: Машиностроение, 1989-1990.
31. Потапов Н.Н. Основы выбора флюсов при сварке сталей.- М.: Машиностроение, 1979.- 167 с.
32. Петров Г.Л. сварочные материалы.- Л.: Машиностроение, 1972.- 286 с.
33. Перечень стандартов по сварочному производству//Сварочное производство.- 1988.- №11, 12.
34. Шоршоров М.Х., Белов В.В. Фазовые превращения и изменения свойств стали при сварке.- М.:Наука,1972.- 220 с.
35. Оборудование для дуговой сварки: Спр.пособие/Под ред.В.В. Смирнова.- Л.: Энергоатомиздат, 1986.- 656 с.
36. Прох Л.Ц., Шпаков Б.М., Яворская Н.М. справочник по сварочному оборудованию.- К.: техника, 1982.- 207 с.
37. сварочное оборудование. Каталог-справочник/ Под ред. А.И. Чвертко. Т.1-10.- К.: Наук. Думка, 1967-1991.
38. Рыморов Е.В. Новые сварочные приспособления.- Л.: Стройиздат, 1988.- 125 с.
39. Евстифеев Г.А., Веретенников И.С. Средства механизации сварочного производства.- М.: машиностроение, 1977.- 207 с.
40. Гитлевич А.Д., Животинский Л.А., Клейнер А.И. Альбом механического оборудования сварочного оборудования.- М.: Высш.шк., 1974.- 159 с.
41. справочник технолога-машиностроителя/ Под ред.А.Г. Касиловой и Р.К. Мещеряковой. В2-х т.- М.: машиностроение, 1985.
42. Винокуров В.А. сварочные напряжения и деформации. Методы их устранения.-М.: машиностроение, 1968.- 325 с.

43. Сагалевич В.М. методы устранения сварочных напряжений и деформаций.-М.: Машиностроение, 1974.- 248 с.
44. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций / В.А. Троицкий, В.П. Радько, В.Г. Демидько, В.Т. Бобров.-К.: Техника, 1986.- 159 с.
45. В.А. Троицкий, В.П. Радько, В.Г. Демидько Дефекты сварных швов и средства их обнаружения.- К.: Вища.шк.,1983.- 144 с.
46. справочник по сварочным работам/сост.Ф.А. Хромченко.- М.: НПО ОБТ, 1998.- 429 с.
47. методические указания к выполнению экономической части дипломных проектов для студентов. Обучающихся по специальности 7.092302/ Сост. Ревенко Н.Г., Кучер М.Н.- Днепродзержинск: ДГТУ, 1998.- 52 с.
48. Терехин А.С., Молосов Н.И. Безопасность труда электросварщика.- М.: машиностроение, 1990,- 96 с.
49. Безопасность производственных процессов: справочник/Под ред.С.В. Белова.- М.: машиностроение, 1985.- 448 с.
50. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: справочник/Под общ.ред.С.В. Белова.- М.: Машиностроение, 1989.- 365 с.